



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 113 643** <sup>(13)</sup> **C1**  
 (51) Int. Cl.<sup>6</sup> **F 16 H 1/06**

RUSSIAN AGENCY  
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 93026087/28, 06.05.1993

(46) Date of publication: 20.06.1998

(71) Applicant:  
 Aktsionernoe obshchestvo gidravlicheskih  
 mashin "Livgidromash" im.60 letiya Sojuza SSR

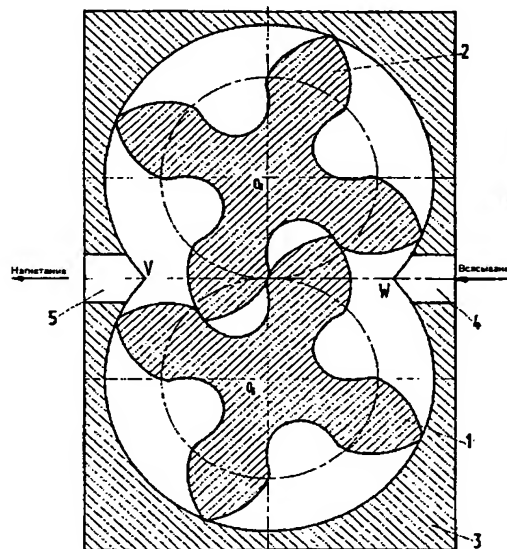
(72) Inventor: Rjazantsev V.M.

(73) Proprietor:  
 Aktsionernoe obshchestvo gidravlicheskih  
 mashin "Livgidromash" im.60 letiya Sojuza SSR

(54) **CYCLOID-INVOLUTE GEARING**

(57) Abstract:

FIELD: mechanical engineering.  
 SUBSTANCE: relatively engaging rotors of gearing have their teeth relatively bending around their profiles. Tooth head is formed by three sections described, respectively, by epicycloid, short epicycloid, and involute. Tooth root is also formed by three sections described, respectively, by involute, hypocycloid, and long hypocycloid.  
 EFFECT: improved design. 2 dwg



Фиг. 1

RU 2 113 643 C1

RU 2 113 643 C1

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано в зубчатых зацеплениях рабочих органов роторно-вращательных машин, гидродвигателей, компрессоров, счетчиков, а также силовых передачах.

Известно циклоидальное зубчатое зацепление рабочих органов объемной роторной машины с ведущим и ведомым роторами, установленными в корпусе, каждый из взаимногибаемых профилей роторов которого имеет головку, очерченную эписциклоидой, ножку, образованную удлинённой эписциклоидой, очерченную точкой окружности вершин другого профиля, и сопряженные с ними боковые участки, очерченные эвольвентой.

Недостатком известного циклоидального зубчатого зацепления является его пониженная долговечность из-за того, что в точке А профиля ротора, лежащей на окружности вершин зубьев, кромка зуба получается достаточно острой. Это приводит к повышенному износу этого участка ротора, особенно при перекачивании жидкостей с большим содержанием механических частиц. Кроме того, точка А одного ротора скользит по довольно длинному участку удлинённой эписциклоиды аб другого ротора, при этом в точке контакта возникает значительное удельное давление, и из-за этого ускоренный износ зуба в точке А.

Кроме того, точка С - корень эвольвенты одного ротора скользит по укороченной эписциклоиде cd другого ротора. Это вызывает значительный износ точки С.

Целью изобретения является повышение долговечности зубчатого зацепления путем притупления кромок зубьев в точке А(д), а также уменьшение длины удлинённой эписциклоиды ab(ДС) ножки зуба и уменьшение длины укороченной эписциклоиды cd(АВ).

Поставленная цель достигается тем, что участок головки профиля, примыкающий к точке А, очерченный по укороченной эписциклоиде, заменяется частично участком АВ, очерченным по обычной эписциклоиде, а в ножке профиля участок удлинённой эписциклоиды, примыкающий к корню эвольвенты (точке Д) частично заменяется участком ДС, очерченным по обычной гипосциклоиде. Причем введенные дополнительные участки обычных эписциклоид и гипосциклоид ведущего (ВЦ) и ведомого (ВМ) роторов взаимногибаемы, образующая их окружность имеет радиус  $r$  меньший, чем радиус центроиды  $R_w$ , т.е. модуль кривых  $m = r/R_w$  меньше единицы (фиг. 2).

На фиг. 1 показан профиль зубчатого зацепления рабочих органов (образующие шестерни - торцовое сечение рабочих органов) роторно-вращательной машины в разрезе. Приведен пример четырехзубых образующих шестерен для относительной глубины нарезки  $d_a/d_f = 3,2$ , где  $d_a(d_f)$  - диаметр окружности вершин (впадин) ротора. Угол зацепления эвольвент принят равным  $\alpha_{tw} = 20^\circ$ , модуль образующих окружностей 6 и 9 принят равным  $m = 0,67$ . Коэффициент торцового перекрытия в этом случае равен  $\epsilon_\alpha = 1,006$ .

На фиг. 2 - схема контакта профиля ВЦ с профилем ВМ в торцовом сечении. Расчет и

чертеж выполнен на ПЭВМ "Apricot".

Профиль  $ABB_1DCC_1$  зуба ведущего ротора 1 в торцовом сечении взаимногибаемый с профилем  $add_1baa_1$  зуба ведомого ротора 2. В общем случае роторы 1 и 2 различны, но для упрощения изложения идеи примем, что они идентичны, как это и принято в конструкциях двухвинтовых, шестеренных и коловратных насосов. В нашем случае диаметр начальной окружности  $d_w$  равен:  $d_w = (d_a + d_f)/2$ . Дополнительно введем понятие безразмерного диаметра вершин зубьев  $E = d_a/d_f$ .

Для профилирования взаимногибаемых зубьев за основу берем их линию зацепления MNKLQRST (фиг. 2). Известно, что линию зацепления в виде дуг окружности, касающейся начальной окружности, имеют взаимногибаемые эписциклоиды и гипосциклоиды, а линию зацепления в виде отрезка прямой имеют взаимногибаемые эвольвенты. Принимая во внимание этот факт и назначая модуль  $m$  образующих окружностей 6 и 9, а также назначая угол зацепления  $\alpha_{tw}$  ( $\alpha_{tw}$  - угол между отрезком прямой LQ и прямой, перпендикулярной межосевой линии  $O_1O_2$ ) получим линию зацепления MNKLQRST. Из анализа линии зацепления следует, что угол зацепления  $\alpha_{tw}$  можно получить в пределах

$$0 < d_{tw} < \arccos \left[ \sqrt{(4 - E^2)/3} \right].$$

а модуль можно назначить в пределах

$$0,5 < m < \frac{E^2 + \cos^2 d_{tw} - 2}{E^2 - \cos^2 d_{tw}}.$$

При данных величинах модуля и угла зацепления получается профиль, состоящий из пяти участков. Дуге MN окружности диаметра вершин  $d_a$  линии зацепления соответствует участок профиля  $CC_1$  - удлинённая эписциклоида; дуге NK окружности радиуса  $r = m \cdot R_w$ , касающейся начальной окружности 7 - гипосциклоида CD; дуге KL основной окружности радиуса  $R_w \cdot \cos \alpha_{tw}$  соответствует точка D (корень эвольвенты); отрезку прямой LQ - эвольвента DB<sub>1</sub>, где точки L и Q - точки касания прямой, проходящей через полюс зацепления P под углом зацепления  $\alpha_{tw}$ , с основными окружностями радиусами  $R_w \cdot \cos \alpha_{tw}$  дуге QR основной окружности - укороченная эписциклоида B<sub>1</sub>B; дуге RS окружности 6 радиуса  $r$  - эписциклоида BA; дуге ST окружности вершин зубьев - точка А.

Получается, что профиль головки  $ABB_1P$  состоит из трех участков: участок АВ - эписциклоида; участок BB<sub>1</sub> - укороченная эписциклоида; участок B<sub>1</sub>P - эвольвента. Профиль ножки PDCC<sub>1</sub> состоит также из трех участков: участок PD - эвольвента; участок DC - гипосциклоида; участок CC<sub>1</sub> - удлинённая эписциклоида.

Уравнения взаимногибаемых профилей зубьев роторов получаем, записывая уравнения линии зацепления в подвижных системах координат, связанных с этими роторами.

Можно получить уравнения профиля

проще, зная, что дугам окружностей линии зацепления соответствуют уравнения эпициклоид и гипоциклоид профилей. Подставляя в общие уравнения эпициклоид и гипоциклоид значения радиусов неподвижных и образующих (вычерчивающих) окружностей и, определяя границы участков по радиусам граничных точек участков линии зацепления, получаем уравнения участков профиля. Уравнения эвольвенты определяются по радиусу начальной окружности  $R_w$  и углу зацепления  $\alpha_{tw}$ .

Отметим, что большая относительная глубина нарезки роторов позволяет получить коэффициент торцового перекрытия  $\epsilon_t >= 1$  при малом количестве зубьев, т.е. трудоемкость изготовления роторов уменьшается.

Следует отметить, что предлагаемое зацепление обладает высокой нагрузочной способностью, так как в начале и в конце линии зацепления профилей в контакте находятся одновременно две точки: образующая точка  $s(A)$  на окружности вершин одного профиля контактирует с удлинённой эпициклоидой ножки другого профиля  $CC_1(aa_1)$ , и точки эпициклоиды  $cd(BA)$  контактируют с соответствующими точками гипоциклоиды  $CD(ba)$ , затем корень эвольвенты  $D(b)$  одного профиля контактирует с укороченной эпициклоидой  $dd_1(B_1B)$ . Это снижает контактное напряжение между профилями зубьев, при этом по сравнению с прототипом на участках контакта эпициклоид  $cd(BA)$  и гипоциклоид  $CD(ba)$  контактное напряжение меньше из-за большего приведенного радиуса кривизны. В середине линии зацепления контакт профилей происходит в одной точке, но эта точка касания эвольвент, которые, как известно, нашли широкое применение в силовых передачах.

Рассматриваемые профили роторов полностью закрывают средние щели, так как линия зацепления непрерывно соединяют окружности впадин 10 и 11 (фиг. 2) обоих роторов, боковые щели между роторами и обоймой (корпусом) открыты, но незначительно, так как линия зацепления длинная и довольно близко подходит к точкам  $V$  и  $W$  (фиг. 1) пересечения отверстий в

обойме. Поэтому гидромашины с этими профилями роторов имеют высокий КПД, особенно зубчатые насосы, где боковые щели не влияют на герметичность зацепления.

Необходимо соблюдать условие равенства суммы радиусов центроид 7 и 8 межцентровому расстоянию и сумме радиуса окружности вершин зубьев одного ротора и радиуса окружности впадин зубьев другого. В общем случае радиусы центроид разные, т.е. роторы имеют разное число зубьев и радиусы образующих окружностей 9 и 6 разные, т.е. профили зубьев роторов разные. Для роторно-вращательных машин с двумя роторами выгодно применять одну и ту же геометрию ВЩ и ВМ, это позволяет применять для нарезки роторов один и тот же инструмент. Для того необходимо, чтобы радиусы центроид 7 и 8 были равны между собой и радиусы образующих окружностей 6 и 8 были также равны между собой, т.е. задаваемый модуль был одним и тем же при профилировании ВЩ и ВМ.

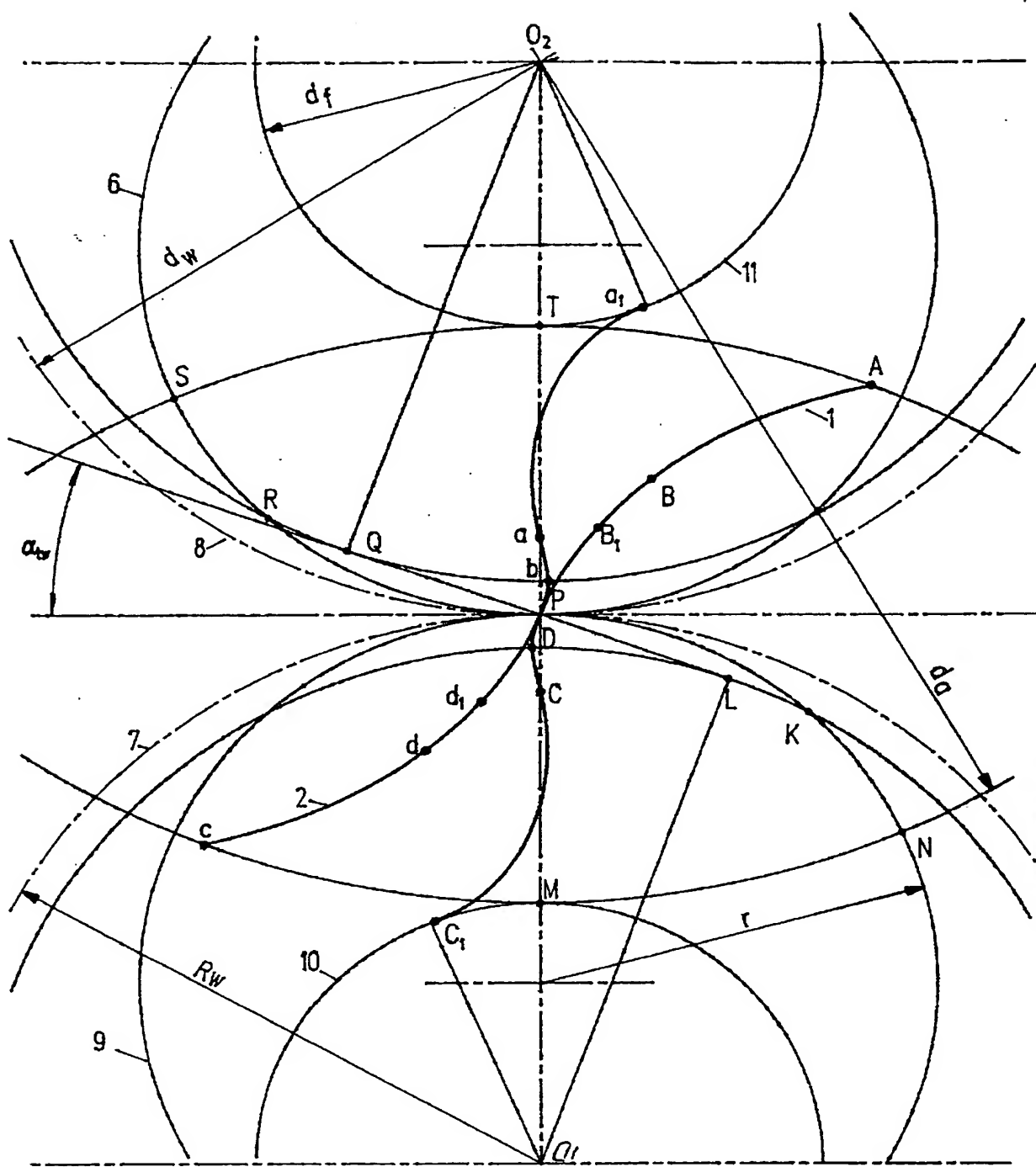
Роторно-вращательная машина работает следующим образом. При вращении роторов 1 и 2 объемы жидкости, заключенные между ними и корпусом 3 и ограниченные взаимноогibaемыми профилями  $ABB_1DCC_1$  и  $a_1abd_1dc$ , перемещаются из всасывающей камеры 4 в нагнетательную камеру 5.

Использование предлагаемого профиля при изготовлении цилиндрических зубчатых передач увеличивает их долговечность и повышает их нагрузочную способность.

#### Формула изобретения:

Циклоидально-эвольвентное зубчатое зацепление, содержащее зацепляющиеся между собой зубчатые роторы с взаимноогibaемыми профилями зубьев, имеющих головку, образованную тремя участками, из которых второй и третий участки очерчены соответственно укороченной эпициклоидой и эвольвентой, и ножку, также образованную тремя участками, из которых первый и третий участки очерчены соответственно эвольвентой и удлинённой эпициклоидой, отличающееся тем, что первый участок головки очерчен эпициклоидой, а второй участок ножки очерчен гипоциклоидой, взаимноогibaемой с эпициклоидой головки другого ротора.

RU 2113643 C1



ФИГ.2